

УДК 658.512:621.9

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА  
ПРИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ  
КОМПАКТНОГО ПРОИЗВОДСТВА****канд. техн. наук, доц. Д.Н. СВИРСКИЙ, А.Л. КЛИМЕНТЬЕВ  
(Витебский государственный технологический университет)**

*Рассмотрены вопросы автоматизации организационно-технической подготовки компактного (ресурсосберегающего) производства машиностроительной продукции, в частности, автоматизации выбора метода изготовления деталей с помощью компьютерных средств автоматизированных систем технологической подготовки производства. Предложен минимально необходимый состав системы для реализации интегрированной информационной среды конкурентоспособного машиностроительного предприятия. Показано, что компьютерная поддержка выбора технологических методов может быть основана на определении применимости технологических методов путем анализа требований по обеспечению заданных свойств изделия. Данный подход реализован в специально разработанном программном обеспечении, позволяющем осуществлять поиск технологических методов для эффективного формообразования изделий непосредственно по заданным значениям выявленных признаков объектов производства в базе данных перспективных и уже применяемых в современном машиностроении технологических методов. Программно реализованный алгоритм выбора технологического метода эффективного формообразования рекомендуется к внедрению в производственную практику и в учебный процесс.*

**Введение.** В настоящее время на машиностроительных предприятиях внедряются автоматизированные системы управления производством (АСУП) различных типов. При этом часто непосредственно производственно-технологический контур в АСУП включается в усеченном виде. Это обусловлено как объективными причинами – в настоящее время не существует готового универсального решения для всех промышленных предприятий, а заказ индивидуального решения сопряжен со значительными затратами, так и субъективными причинами – необходима решимость руководства и готовность специалистов конкретного предприятия. Поэтому обычно АСУП составляется из некоторого набора средств решения локальных решений (с определенными доработками под условия предприятия), а зачастую ограничивается лишь экономическим аспектом: бухгалтерский, складской учет и т.п. Однако острая необходимость повышения конкурентоспособности вынуждает предприятия так или иначе заниматься комплексной автоматизацией производства, учета и управления.

В состав единой информационной среды современного машиностроительного предприятия, реализующего идеологию компактного интеллектуального производства [1, 2] помимо системы типа ERP (или MRP) необходимо включить:

- PDM/PLM-систему, обеспечивающую управление конфигурацией продукции;
- CAD/CAE-систему компьютеризации конструкторского проектирования;
- CAPP-систему автоматизации технологической подготовки производства (АСТПП);
- САМ-систему – оперативную подготовку программ управления оборудованием с ЧПУ.

Сопряжение перечисленных систем в настоящее время, как правило, осуществляется за счет экспорта/ импорта данных в XML-формате. Следует отметить, что основными достоинствами интегрированной информационной среды компактного интеллектуального производства являются:

- 1) возможность проведения экспресс-оценки себестоимости изделия до завершения его проектирования;
- 2) возможность размещения заказов на комплектующие и поиск партнеров по кооперации до завершения проектирования изделия;
- 3) возможность «опережающего» запуска производства, когда он осуществляется еще до полного завершения проектирования изделия;
- 4) возможность работы «под заказ», гибко конфигурируя изделие в соответствии с требованиями конкретного заказчика (потребителя);
- 5) возможность гибкого оперативного управления производством согласно наиболее эффективной стратегии.

В ходе организационно-технической подготовки компактного машиностроительного производства [3] одним из важнейших компонентов информационной среды предприятия авторы считают подсистему компьютерной поддержки выбора (поиска) наиболее эффективного технологического метода (ТМ), которая либо может быть реализована средствами одной из подсистем АСУП, либо представлять собой самостоятельное программное обеспечение.

**Общий алгоритм и программная реализация компьютерной поддержки выбора ТМ.** В ходе организационно-технологической подготовки производства осуществляется комплекс работ по обеспечению технологичности запускаемой в производство продукции, проектированию (маршрутных) технологических процессов и соответствующих средств технологического оснащения, а также расчету эффективных материальных и трудовых норм и производственных площадей для выпуска изделий в оптимальном объеме. С учетом необходимости сопряжения АСТПП с АСУП в компьютеризированном производстве актуальны прежде всего следующие задачи автоматизированного технологического проектирования:

- 1) ведение необходимых номенклатурных справочников (материалы, средства технологического оснащения и пр.);
- 2) разработка технологических процессов (маршрутов) в «электронном виде», включая нормирование, обеспечение требований техники безопасности и пр.;
- 3) автоматизация выпуска необходимой технологической документации;
- 4) компьютерная поддержка разработки и сопровождения нестандартных средств технологического оснащения.

Перечисленные задачи прямо или косвенно связаны с проблемой выбора эффективного ТМ. Как было показано ранее [4] формализация выбора технологических методов опирается на следующую схему: «изделие/деталь → его/ее функции → свойства, обеспечивающие выполнение функций → показатели, характеризующие эти свойства → факторы выбора методов → технологические возможности методов → технологический метод». Полная реализация этой схемы характерна для сквозного (интегрированного) процесса автоматизированного конструирования изделия и АСТПП. Для решения задач организационно-технологического проектирования компактного производства целесообразно использовать сокращенный вариант данной схемы: «изделие/деталь → показатели → факторы выбора методов → технологические возможности методов → технологический метод». В качестве факторов выбора методов выступают показатели трех групп: определяющие, ограничивающие и дополняющие.

Алгоритм выбора ТМ состоит из следующих основных процедур (рис. 1):

1) *ввод общих данных об изделии (детали).* Общие данные об изделии включают в себя сведения об обозначении, наименовании, материале изделия и пр.;

2) *оценка принадлежности изделия к конкретной квалификационной группе* по ряду показателей, служащих в качестве факторов выбора. Для этой оценки используется набор квалификационных таблиц, выступающих в качестве справочников по квалификационным группировкам по каждому из факторов выбора. Оценка может осуществляться как автоматизировано, так и вручную проектировщиком в процессе ввода данных об изделии;

3) *определение итогового показателя применимости ТМ* по каждому из факторов выбора. Определение коэффициента применимости осуществляется путем вычисления его по разработанной конъюнктивно-дизъюнктивной модели. В качестве информационного обеспечения этого этапа используется массив матриц соответствия, хранящих значения коэффициентов применимости технологических методов по конкретному фактору выбора. Массив матриц соответствия должен постоянно находиться в актуальном состоянии и отражать современные возможности технологических методов;

4) *отбор и ранжирование решений.* На данном этапе составляется перечень тех технологических методов, которые могут быть использованы для заданного изделия. Следует отметить особенность применяемой конъюнктивно-дизъюнктивной модели, которая заключается в том, что неподходящие по определяющим факторам методы получают нулевое значение итогового коэффициента применимости. Остальные методы будут иметь коэффициент применимости в диапазоне значений от 0 до 1. Таким образом, возможно ранжирование технологических методов по убыванию значения итогового коэффициента применимости;

5) *оценка экономической эффективности применения отобранных технологических методов.* Оценка экономической эффективности может осуществляться путем расчета по существующим методикам нормативных показателей (например, приведенных затрат или себестоимости) либо определяться как наилучшее предложение при выполнении по кооперации.

Окончательный выбор ТМ метода осуществляется проектантом – лицом, принимающим решения. Основу эффективного функционирования подсистемы поиска ТМ составляет информационная база данных (БД) их единообразного описания. Информационные модели ТМ включают поля различных типов (числовые, текстовые и пр.). Табличная структура описания ТМ построена в соответствии с фреймовой моделью представления предметной области и имеет установленный перечень слотов, отражающих основные свойства последней (рис. 2).

Программная реализация описанного алгоритма процедуры выбора ТМ может быть выполнена двумя основными путями:

- 1) стандартными средствами одной из существующих АСТПП;
- 2) оригинальным программным продуктом, реализующим полностью или частично описанный алгоритм.

Первый путь представления наиболее удобен с производственной точки зрения, поскольку позволяет интегрировать процедуру выбора ТМ в применяемую на предприятии АСТПП, а также уменьшить объем вводимой информации об изделии за счет ее импорта из PDM или CAD системы. Но данный путь не лишен также и недостатков, поскольку существенно зависит от платформы программно-технической реализации. Второй путь позволяет получить более универсальное решение, но при этом возрастает объем вводимой информации и появляется разрыв в общей информационной среде предприятия. Для обработки элементов автоматизации выбора ТМ и создания информационного банка описаний ТМ разработан оригинальный программный продукт, реализующий часть укрупненного алгоритма (на рисунке 1 выделено штриховой линией).

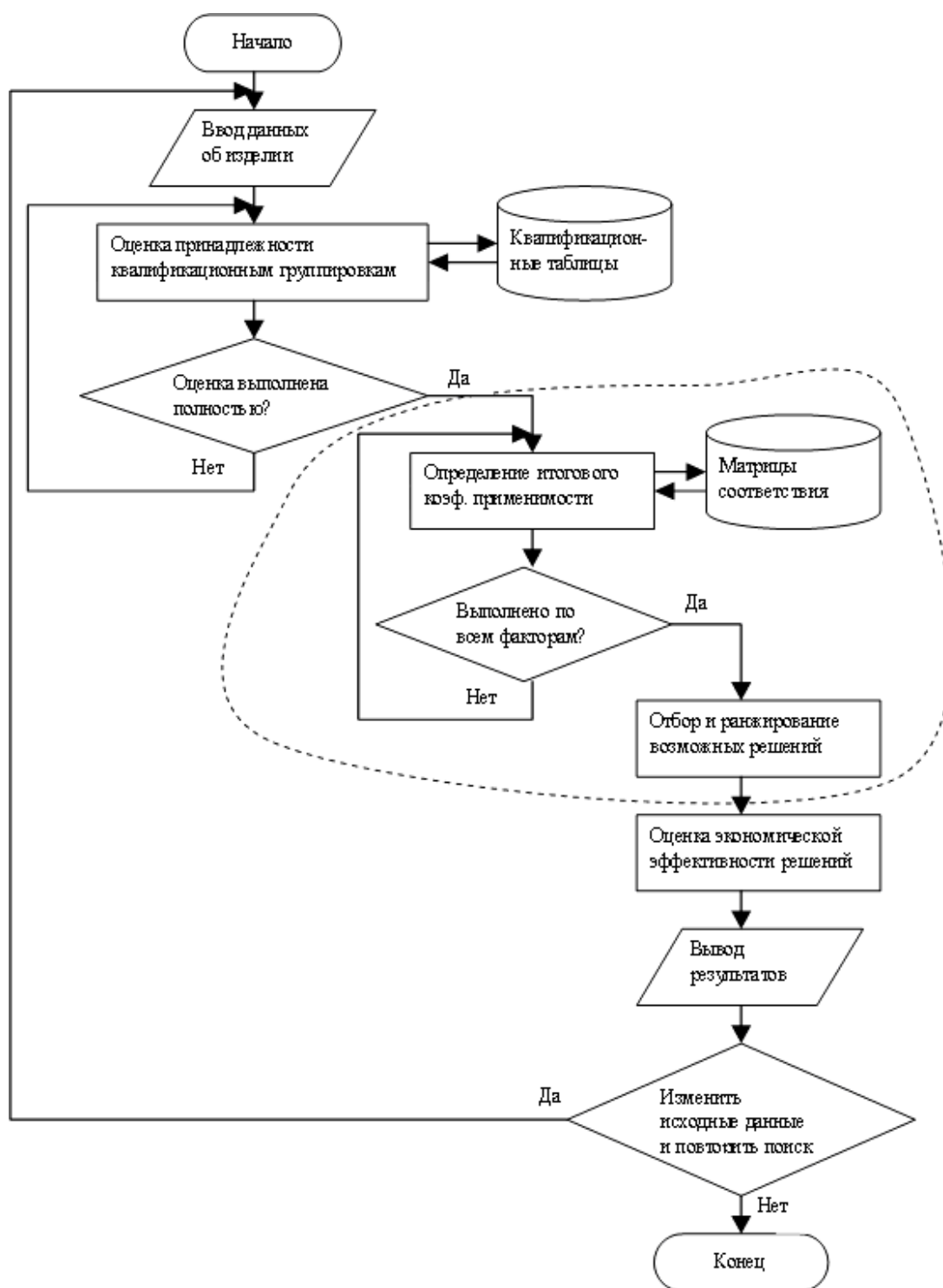


Рис. 1. Укрупненный алгоритм автоматизации выбора ТМ

<p><b>1. Наименование</b> Литье в песчано-глиняные формы</p>
<p><b>2. Определение</b> Процесс получения отливок путем свободной заливки расплавленного металла в песчано-глиняную форму, полость которой соответствует конфигурации отливки</p>
<p><b>3. Физическая сущность:</b> Физическое состояние материала в момент формирования – жидкое Вид энергетического воздействия – тепловое Рабочая среда – газ (воздух) Обрабатываемые материалы – плавкие Основной рабочий процесс – фазовый переход</p>
<p><b>4. Технологические характеристики:</b> Характеристика формы – сложная Характеристика полости – сложная Топологический характер: Взаимодействие ФОЭ и ОМ – поверхностное Описание – отливают детали любого габарита и любой конфигурации ФОЭ – литейная форма, стержни (разрушаемые)</p>
<p><b>5. Метрические характеристики:</b> Качество поверхности – min max Вес: min 0,01 max 20000 кг Толщина стенки – min 10 max мм Точность формы – min 14 max 16 Габаритные размеры – A= B= C= мм</p>

Рис. 2. Фрагмент описания ТМ

Разработанный для автоматизации поиска ТМ формообразования программный продукт предназначен также для хранения и редактирования информации о различных ТМ (в реферативном виде) и осуществления поиска ТМ по заданным значениям показателей. Таким образом, разработанное программное обеспечение позволяет осуществлять в диалоговом режиме:

- 1) поиск технологических методов по заданным значениям установленных критериев;
- 2) работу с реферативными описаниями технологических методов (рис. 3);
- 3) работу с приложениями – справочными материалами (рис. 4).

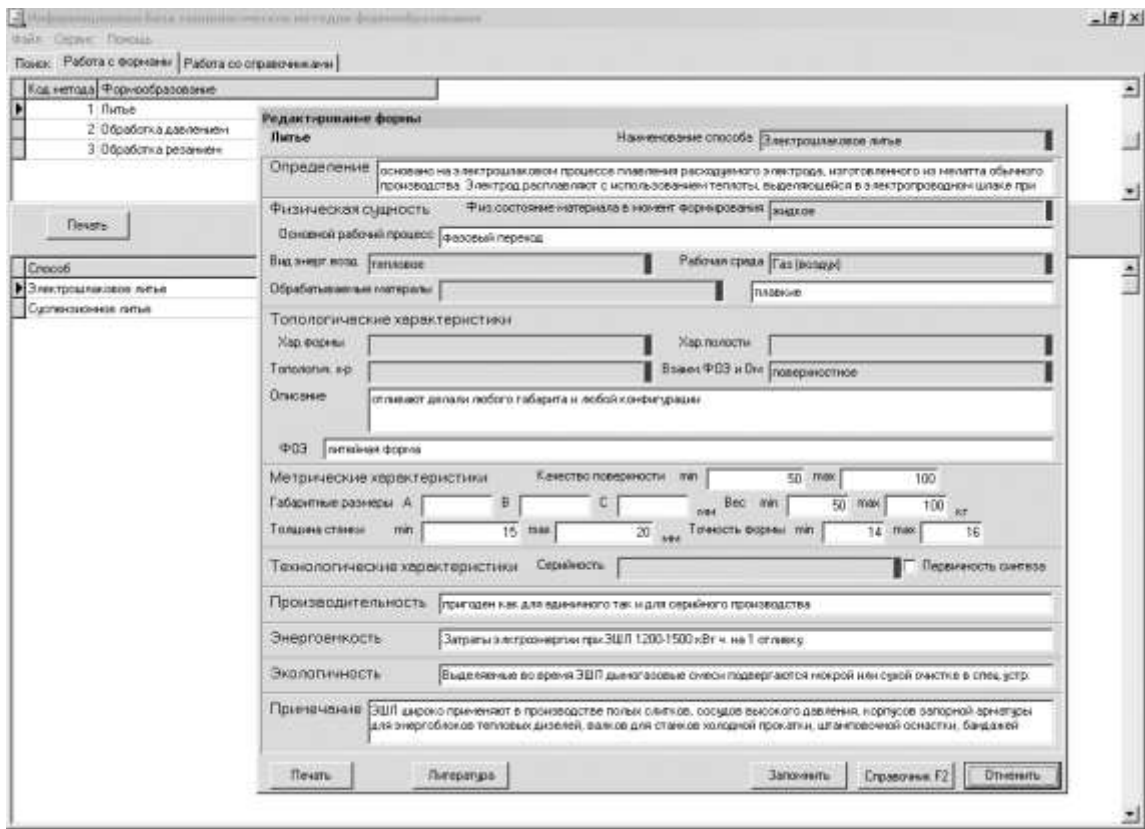


Рис. 3. Основное окно работы с реферативными описаниями технологических методов

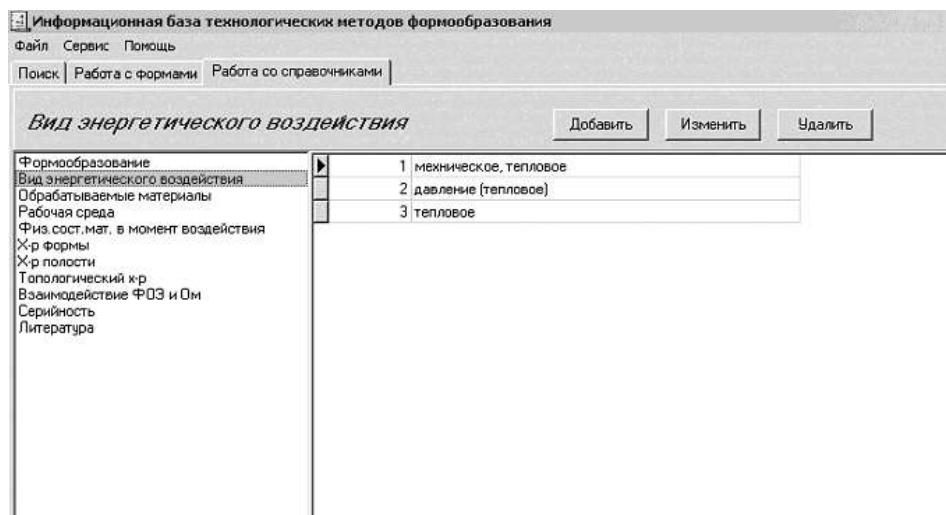


Рис. 4. Фрагмент окна работы со справочниками

Основными объектами приложения, являются:

- таблицы (хранимые данные);
- запросы (данные, получаемые из хранимых путем применения правил вывода);
- формы (объекты посредством которых осуществляется взаимодействие с пользователем);
- отчеты (средство представления выходной информации);
- модули (реализуют программную логику приложения).

Следует подчеркнуть двойное назначение программного продукта. С одной стороны, данный программный продукт представляет собой значительный информационный банк описаний различных ТМ, применяемых в машиностроении. С другой – он же реализует процедуру поиска ТМ по заданным значениям показателей, служащих факторами выбора. Таким образом, данный программный продукт может использоваться как в производственных целях, так и в ознакомительных и учебных целях.

Программный продукт представляет собой специальное приложение, обеспечивающее создание, работу и обработку запросов к реляционной базе данных, хранящей справочные таблицы и описания различных ТМ. На рисунке 5 представлена общая схема взаимосвязи основных объектов приложения.



Рис. 5. Взаимосвязи основных объектов приложения:  
 —> – действие; - -> – поток данных

Рисунок 6 иллюстрирует физическую модель приложения на уровне атрибутов. В рассматриваемом программном приложении наряду с компонентом набора данных TTable используется также компонент набора данных TQuery, основное отличие которого заключается в том, что результирующий набор данных его компонент формируется путем выполнения SQL-запроса к БД. Поэтому набор данных, возвращаемый TQuery, даже если источником этого набора служит лишь одна таблица БД, предполагает обращение к подмножеству записей и столбцов (полей). В то время как TTable ориентирован на работу со всеми записями и полями, и для того чтобы работать в нем с подмножеством строк и полей, необходимо предпринять дополнительные действия (фильтрацию записей, ограничение состава полей в редакторе полей).

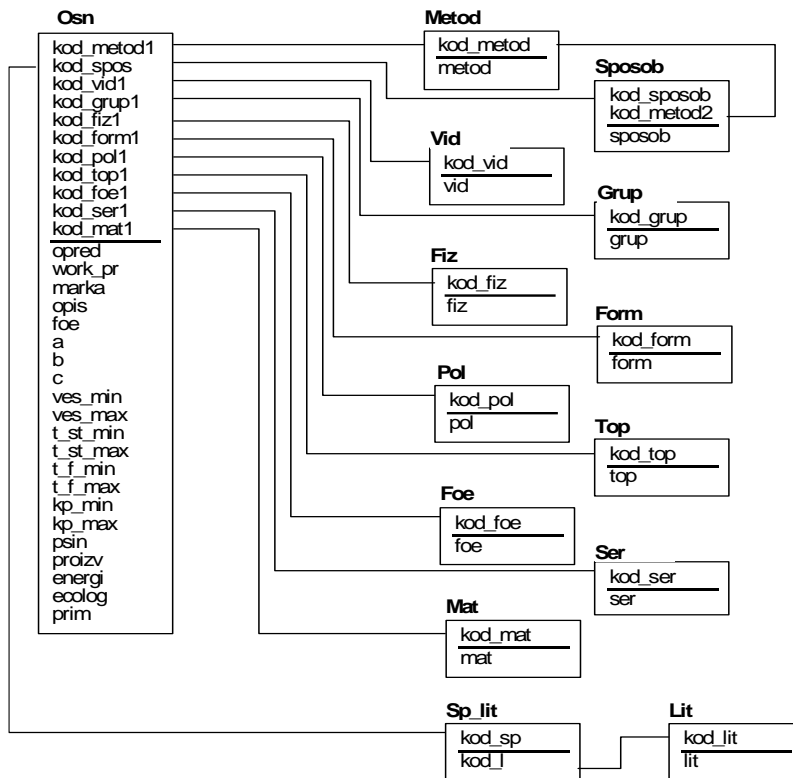


Рис. 6. Физическая модель данных на атрибутивном уровне

**Заключение.** Предложенное решение компьютерной поддержки выбора технологических методов для реализации компактного производства машиностроительной продукции позволяет осуществлять обоснованный поиск известных эффективных ТМ формообразования изготовления и их адаптацию к специфическим условиям предприятия путем редактирования формализованных (фреймовых) описаний. Помимо прямого подбора эффективного технологического метода могут также решаться задачи выбора материала изделия с учетом его служебного назначения и требований технологичности, а также определения области рационального использования конкретного технологического метода и конструкционного материала в производстве конкурентоспособной машиностроительной продукции. Разработанное программное обеспечение может быть использовано в учебном процессе для подготовки инженеров машиностроительных специальностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / под общ. ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.
2. Перспективные технологии машиностроительного производства / под общ. ред. Ж.А. Мрочка и М.Л. Хейфеца. – Новополоцк: ПГУ, 2007. – 204 с.
3. Свирский, Д.Н. Организационно-технологическое проектирование компактного производства машиностроительной продукции / Д.Н. Свирский // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. – 2007. – № 2. – С. 56 – 61.
4. Свирский, Д.Н. Задача выбора малостадийного технологического метода при организационно-технической подготовке компактного производства / Д.Н. Свирский, А.Л. Климентьев // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. – 2007. – № 8. – С. 66 – 72.

Поступила 07.08.2007